

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002202420
PUBLICATION DATE : 19-07-02

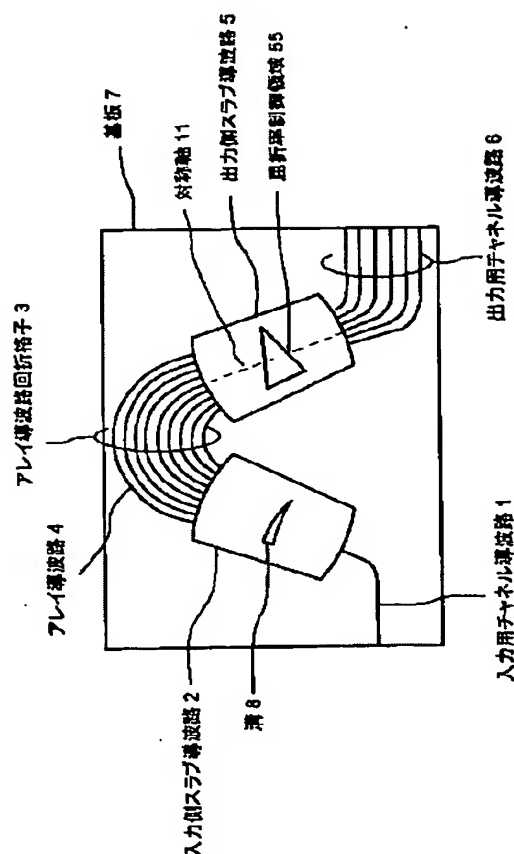
APPLICATION DATE : 28-12-00
APPLICATION NUMBER : 2000401116

APPLICANT : HITACHI CABLE LTD;

INVENTOR : UETSUKA NAOTO;

INT.CL. : G02B 6/12

TITLE : OPTICAL WAVELENGTH
COUPLING/BRANCHING DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a temperature independent optical wavelength coupling/ branching device in which a demultiplexing characteristic is not deteriorated and a branched wavelength is correctly controlled.

SOLUTION: In the optical wavelength coupling/branching device which is provided with an array waveguide diffraction grating 3 consisting of a plurality of channel waveguides, an input side slab waveguide 2 which is connected to the array waveguide diffraction grating, and an output side slab waveguide 5 which is connected to the array waveguide diffraction grating and in which a changing quantity of the branched wavelength does not depend on temperature but almost is constant, a refractive index control region 55 is provided in the input side slab waveguide 2 or the output side slab waveguide 5.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-202420

(P2002-202420A)

(43) 公開日 平成14年7月19日 (2002.7.19)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

データベース(参考)

F 2 H 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-401116 (P2000-401116)

(22) 出願日 平成12年12月28日 (2000.12.28)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 丸 浩一

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(72) 発明者 大川 正浩

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(74) 代理人 100091823

弁理士 柳 昌之 (外1名)

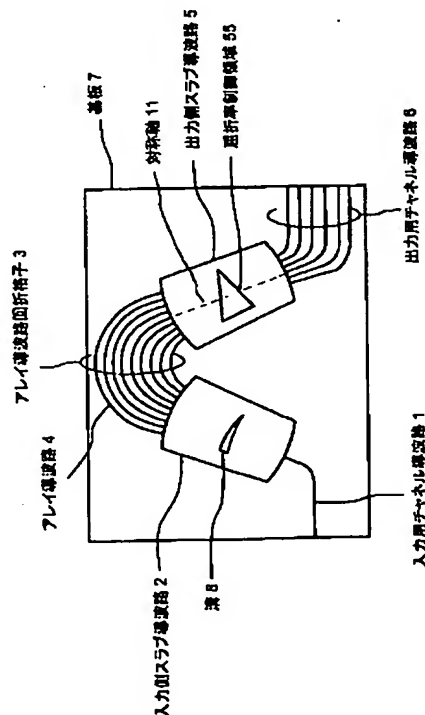
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長合分波器

(57) 【要約】

【課題】 分波特性の劣化が無く、しかも分波波長を正確に制御することのできる温度無依存化された光波長合分波器を提供する。

【解決手段】 複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子3と、このアレイ導波路回折格子に接続される入力側スラブ導波路2と、アレイ導波路回折格子に接続される出力側スラブ導波路5とを備え、分波波長の変化量が温度によらず概ね一定とされた光波長合分波器において、入力側スラブ導波路2あるいは出力側スラブ導波路5に屈折率制御領域55が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、このアレイ導波路回折格子に接続される入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子に接続される出力側スラブ導波路とを有する光回路を備え、分波波長の変化量が温度によらず概ね一定とされた光波長合分波器において、前記入力側スラブ導波路あるいは前記出力側スラブ導波路に屈折率制御領域が設けられていることを特徴とする光波長合分波器。

【請求項2】 複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、このアレイ導波路回折格子に接続される入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子に接続される出力側スラブ導波路とを有する光回路を備え、前記入力側スラブ導波路、前記出力側スラブ導波路または前記アレイ導波路回折格子のいずれかに溝が形成されて、この溝に前記光回路を構成する材料とは異なる屈折率の温度勾配を有する材料を挿入することにより、分波波長の変化量が温度によらず概ね一定とされた光波長合分波器において、前記入力側スラブ導波路あるいは前記出力側スラブ導波路に屈折率制御領域が設けられていることを特徴とする光波長合分波器。

【請求項3】 前記屈折率制御領域におけるコア材料は前記屈折率制御領域以外のコア材料に比べて大きな屈折率を有することを特徴とする請求項1または2記載の光波長合分波器。

【請求項4】 前記屈折率制御領域は楔型であることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項5】 前記屈折率制御領域におけるコア材料の屈折率は光照射により制御されることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項6】 前記屈折率制御領域におけるコア材料の屈折率は光弾性効果に基づく応力付与により制御されることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項7】 前記光回路を構成する材料は石英系材料であり、コア部にはゲルマニウムが含まれていることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【請求項8】 前記光照射に用いる光源として炭酸ガスレーザ、エキシマレーザ、あるいはA r e i オンレーザを用いることを特徴とする請求項5～7のいずれか一項記載の光波長合分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信の分野における波長分割多重方式で用いられる光波長合分波器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光通信の分野では、複数の信号を別々の

波長の光にのせ、1本の光ファイバで伝送して、情報容量を増加する波長分割多重方式が提案されている。この方式では、異なる波長の光を合分波する光波長合分波器が主要な役割を果たす。なかでも、アレイ導波路回折格子を用いた光波長合分波器は、狭い波長間隔の合分波を実現でき、通信容量の多重数を大きくできる利点がある。

【0003】図4は、従来のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の光回路を示す。この光波長合分波器は、石英基板7上にアレイ導波路回折格子3を備え、アレイ導波路回折格子3の入力側に、入力側スラブ導波路2および入力用チャネル導波路1が接続され、アレイ導波路回折格子3の出力側に、出力側スラブ導波路5および出力用チャネル導波路6が接続されている。上記アレイ導波路回折格子3は、複数のチャネル導波路4（以下、アレイ導波路と呼ぶ）で構成されている。

【0004】この種のものでは、例えば0～60℃の環境温度下で使用する場合、最大0.6nm分波波長がシフトするという問題がある。

【0005】これを解消するため、一般的には、ヒータあるいはペルチェ素子等により光回路の温度制御を行っているが、この温度制御を行わずに、温度による分波波長シフトをなくす実用システムが提案されている。

【0006】本システムとして、図5または図6に示すように、アレイ導波路4、入力側スラブ導波路2あるいは出力側スラブ導波路5の一部に溝9あるいは溝10を設け、その中に、屈折率の温度係数が光回路と異なる材料を充填し、温度による等位相面の傾斜をキャンセルし、温度無依存化する方法が提案されている（Y. I n o u e 等による“Athermal silica-based arrayed-wave guide grating (AWG) multiplexer”, ECOC 97 technical digest, pp. 33-36, 1997）。

【0007】ところで、実際に製作される光波長合分波器では、光回路の製作プロセスの揺らぎにより、分波波長と、分波させるべき所望の波長との間に偏差が生じる。この偏差を無くし、分波波長と所望の波長を一致させる技術が重要である。温度による分波波長シフトが生じ、温度無依存化されていない光波長合分波器では、この合分波器が有する分波波長の温度依存性を積極的に利用し、ヒータあるいはペルチェ素子等の温度を正確に調節することにより、光回路の製作プロセスで生じた偏差を無くし、分波波長と所望の波長を一致させることが可能である。

【0008】しかし、上記のように分波波長が温度無依存化された光波長合分波器では、ヒータあるいはペルチェ素子等の温度を調整する手段を備えていないため、この方法は利用できない。そこで、分波波長を制御するため、図7に示すように、入力側スラブ導波路2の端に光ファイバ21を直接接続し、光ファイバ21の接続位置により分波波長を制御する方法が提案されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方法では、光ファイバ21の接続位置が若干でもずれると、分波波長と所望の波長との間にずれが生じてしまう。従って、正確に分波波長を所望の波長に合わせる事が困難であった。

【0010】また、図7における入力側スラブ導波路2の端の位置が数 μm のオーダーで正確に制御される必要がある。所望の端の位置からずれて製作された場合には、分波特性が所望の特性に比べて劣化し、クロストークが増加する恐れがあった。

【0011】そこで、本発明の目的は、上述した従来の技術が有する課題を解消し、分波特性の劣化が無く、しかも分波波長を正確に制御することのできる温度無依存化された光波長合分波器を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、このアレイ導波路回折格子に接続される入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子に接続される出力側スラブ導波路とを有する光回路を備え、分波波長の変化量が温度によらず概ね一定とされた光波長合分波器において、前記入力側スラブ導波路あるいは前記出力側スラブ導波路に屈折率制御領域が設けられていることを特徴とするものである。

【0013】請求項2記載の発明は、複数のチャネル導波路からなるアレイ導波路回折格子と、このアレイ導波路回折格子に接続される入力側スラブ導波路と、前記アレイ導波路回折格子に接続される出力側スラブ導波路とを有する光回路を備え、前記入力側スラブ導波路、前記出力側スラブ導波路または前記アレイ導波路回折格子のいずれかに溝が形成されて、この溝に前記光回路を構成する材料とは異なる屈折率の温度勾配を有する材料を挿入することにより、分波波長の変化量が温度によらず概ね一定とされた光波長合分波器において、前記入力側スラブ導波路あるいは前記出力側スラブ導波路に屈折率制御領域が設けられていることを特徴とする。

【0014】請求項3記載の発明は、請求項1または2記載のものにおいて、前記屈折率制御領域におけるコア材料は前記屈折率制御領域以外のコア材料に比べて大きな屈折率を有することを特徴とする。

【0015】請求項4記載の発明は、請求項1ないし3のいずれか一項記載のものにおいて、前記屈折率制御領域は楔型であることを特徴とする。

【0016】請求項5記載の発明は、請求項1ないし4のいずれか一項記載のものにおいて、前記屈折率制御領域におけるコア材料の屈折率は光照射により制御されることを特徴とする。

【0017】請求項6記載の発明は、請求項1ないし4のいずれか一項記載のものにおいて、前記屈折率制御領

域におけるコア材料の屈折率は光弾性効果に基づく応力付与により制御されることを特徴とする。

【0018】請求項7記載の発明は、請求項1ないし6のいずれか一項記載のものにおいて、前記光回路を構成する材料は石英系材料であり、コア部にはゲルマニウムが含まれていることを特徴とする。

【0019】請求項8記載の発明は、請求項5ないし7のいずれか一項記載のものにおいて、前記光照射に用いる光源として炭酸ガスレーザ、エキシマレーザ、あるいはArイオンレーザを用いることを特徴とする。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明による光波長合分波器の一実施形態を説明する。

【0021】図1は、アレイ導波路回折格子型光波長合分波器の光回路を示す。この光波長合分波器は、石英基板7上に製作される。この石英基板7上には、石英系の材料からなるコアが形成され、このコアにより光回路が構成されている。コアおよび石英基板7の表面は、石英系の材料からなるクラッド膜で覆われている。上記光回路は、アレイ導波路回折格子3を含み、このアレイ導波路回折格子3の入力側には、入力側スラブ導波路2が接続され、アレイ導波路回折格子3の出力側には、出力側スラブ導波路5が接続されている。そして、上記入力側スラブ導波路2には入力用チャネル導波路1が接続され、上記出力側スラブ導波路5には出力用チャネル導波路6が接続されている。また、上記アレイ導波路回折格子3は、複数のチャネル導波路4で構成されている。

【0022】上記入力側スラブ導波路2の途中には溝8が形成され、この溝8には光学樹脂が挿入されて、分波波長の温度無依存化が実現されている。出力側スラブ導波路5の途中には楔型の屈折率制御領域55が設けられ、この屈折率制御領域55におけるコア材料は、当該屈折率制御領域55以外のコア材料に比べて大きな屈折率を有する。この屈折率制御領域55におけるコア材料の屈折率は、分波波長が所望の波長と一致するように制御される。

【0023】図2は、屈折率制御領域55の屈折率制御装置を示す。この装置は、索子の分波波長が所望の波長と一致するように、出力側スラブ導波路5の屈折率制御領域55のコア材料の屈折率を制御する。

【0024】屈折率は、KrFエキシマレーザ31によって出力されるエキシマ光を、ミラー32で反射させて、出力側スラブ導波路5に照射することによって変化させる。エキシマ光の照射時間を変えると、屈折率を変化させることができる。エキシマ光が出力側スラブ導波路5の一部分に楔型に照射されるように、エキシマ光遮断用のマスク35が用いられる。エキシマ光照射中は、光波長合分波器の分波特性が、光スペクトルアナライザ34によってモニタされ、分波波長が所望の波長になった時点でエキシマ光照射を停止する。この方法では、分

波長を所望の波長にすることができる。また、屈折率制御領域55での屈折率をほぼ均一にすることができるため、分波特性はエキシマ光照射前とほとんど変わらず、クロストーク増加はほとんどない。

【0025】広帯域光源33からの光が入力用光ファイバ12、および入力用チャネル導波路1を通じて入力された場合、この光波は入力側スラブ導波路2内を伝搬し、アレイ導波路回折格子3との境界に到達する。到達した光波は、境界での電界分布に応じた電力比で各アレイ導波路4に結合、伝搬し、アレイ導波路4と出力側スラブ導波路5の境界に到達する。

【0026】このアレイ導波路4の長さは、内側から ΔL の一定長ごとに長くなるように設計されている。従って、内側から i 番目のアレイ導波路4を伝搬した光波が受ける位相変化量 $\phi'_i(\lambda)$ は、一番内側のアレイ導波路4を基準として、

【0027】

【数1】

$$\phi'_i(\lambda) = \frac{2\pi n_a}{\lambda} i \Delta L \quad \dots (1)$$

となる。ここで、 λ は真空中での光波の波長、 n_a はアレイ導波路4の等価屈折率である。従って、アレイ導波路4と出力側スラブ導波路5との境界近傍における光波の等位相面は、波長に依存して傾斜する。各アレイ導波路4により位相変化を受けた光波は、出力側スラブ導波路5内で干渉を起こし、この干渉波が出力用チャネル導波路6から取り出される。

【0028】ここで、等位相面の向きが波長毎に異なるため、波長が変化すると、出力側スラブ導波路5と各出力用チャネル導波路6の境界において光の集光位置がシフトする。このため、各出力用チャネル導波路6からは固有の分波波長を有する光波のみを取り出すことができ、光波の合分波機能が実現される。

【0029】出力側スラブ導波路の対称軸11（図1または図3）上に配置された出力用チャネル導波路6から出力される光波の波長 λ は、

【0030】

【数2】

$$\lambda = \frac{n_a \Delta L}{m} \quad \dots (2)$$

と表される。ここで m は回折次数である。

【0031】ここで、通常の場合を用いて光回路を構成した場合、温度が変化すると、熱光学効果によって材料の屈折率が変化し、このことにより n_a が変化する。さらに熱膨張によってアレイ導波路4の長さが変化し、このことにより ΔL も変化する。従って、温度によりアレイ導波路4と出力側スラブ導波路5との境界近傍における光波の等位相面が傾斜し、出力される分波波長が変化してしまう。出力側スラブ導波路5の対称軸11上に配置された出力用チャネル導波路6から出力される光波の

場合には、温度 T が ΔT だけ変化した場合の波長変化量 $\Delta \lambda$ は、式(2)を T で微分することにより

【0032】

【数3】

$$\begin{aligned} \Delta \lambda &= \frac{\Delta L}{m} \left[\frac{dn_a}{dT} + n_a \frac{1}{\Delta L} \frac{d(\Delta L)}{dT} \right] \Delta T \\ &\equiv \frac{\lambda}{n_a} \left[\frac{dn_a}{dT} + n_a \frac{1}{\Delta L} \frac{d(\Delta L)}{dT} \right] \Delta T \quad \dots (3) \end{aligned}$$

となる。ここで、石英系材料で構成した場合を考え、 dn_a/dT が、石英系材料の屈折率の温度係数に等しいとすると、 $dn_a/dT \approx 1 \times 10^{-5}$ 、 $1/\Delta L \cdot d(\Delta L)/dT \approx 5 \times 10^{-7}$ 、 $n_a \approx 1.45$ であるため、 $\lambda = 1550 \text{ nm}$ とした場合、 $\Delta \lambda / \Delta T \approx 0.01 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ となる。従って、例えば $0 \sim 60^\circ\text{C}$ の環境温度で使用する場合には、最大 0.6 nm 分波波長がシフトすることになる。このため、本実施形態では、この分波波長のシフトをキャンセルすべく、前述のように、溝8を形成し、この溝8に光回路を構成する材料とは異なる屈折率の温度勾配を有する材料を挿入して分波波長の温度無依存化を実現すると共に、屈折率制御領域55を形成している。

【0033】本実施形態では、この屈折率制御領域55の屈折率を調整することにより、以下の分波波長制御原理に従い、分波特性の劣化を無くし、しかも分波波長を正確に制御することができる。

【0034】図3は、分波波長制御原理を示す。アレイ導波路4からは、出力側スラブ導波路5内のいろいろな方向に向けて光が放射されるが、ある放射角度 θ へはある特定の波長 $\lambda(\theta)$ の光のみが放射される。この関係は、

【0035】

【数4】

$$\lambda(\theta) = \frac{n_s d}{m} \sin \theta + \frac{n_a \Delta L}{m} \quad \dots (4)$$

と表される。ここで n_s は出力側スラブ導波路5の屈折率、 d は出力側スラブ導波路5の端におけるアレイ導波路4の間隔である。

【0036】屈折率制御領域55は楔型であるため、光は屈折率制御領域55で屈折して、複数の出力用チャネル導波路6の内、一つの出力用チャネル導波路66に到達する。屈折率制御領域55の楔の形状及び屈折率 n に応じて、ある決まった角度 θ で出射する光のみが出力用チャネル導波路66に到達する。従って、波長 $\lambda(\theta)$ の光のみが出力用チャネル導波路66に到達する。

【0037】この波長 $\lambda(\theta)$ が、出力用チャネル導波路66での分波波長となる。ここで、屈折率制御領域55のコア材料の屈折率を n から n' に変えると、屈折率制御領域55での光の屈折角が変化し、異なった放射角度 θ' の光が出力用チャネル導波路66へ到達する。従

って、出力用チャネル導波路66の分波波長も $\lambda(\theta)$ から $\lambda(\theta')$ に変化する。これによれば、屈折率制御領域55の屈折率を調整することにより、分波波長を調整することができる。

【0038】図2に示す屈折率制御方法としては、エキシマ光照射の他、光弾性効果に基づく応力付与による屈折率変化を利用しても良い。炭酸ガスレーザ照射や、クラッド上部に応力付与材料を装荷すると、コア材料にかかる応力が変化して、光弾性効果によりコア材料の屈折率が変化する。これにより、屈折率制御領域55の屈折率を調整し、分波波長を調節することができる。

【0039】コア材料としては、光照射により屈折率を変えることが容易な材料とすることが望ましい。石英系材料の場合、光回路のコアにゲルマニウムが含まれていることがよい。また、光照射の光源としては、光パワーが大きく、ゲルマニウムに対する感受性の高い波長を発生することが可能な、炭酸ガスレーザ、あるいはKrF等のエキシマレーザ、あるいはArイオンレーザ等が望ましい。

【0040】以上、一実施形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は、これに限定されるものでないことは明らかである。上記実施形態では、出力側スラブ導波路5に屈折率制御領域55を設けたが、入力側スラブ導波路2に屈折率制御領域を設けることは可能である。本発明は、光多重伝送システムに用いられる光波長合分波器、M×N周波数ルーティング装置、Add/Dropフィルタ等、及びそれらの製造方法にも適用可能である。

【0041】

【発明の効果】本発明では、分波特性の劣化がなく、分

波波長が正確に制御された温度無依存化された光波長合分波器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光波長合分波器の一実施形態を示す図である。

【図2】屈折率制御装置を示す図である。

【図3】分波波長制御原理を説明する図である。

【図4】従来の光波長合分波器の光回路を示す図である。

【図5】従来の光波長合分波器の光回路を示す図である。

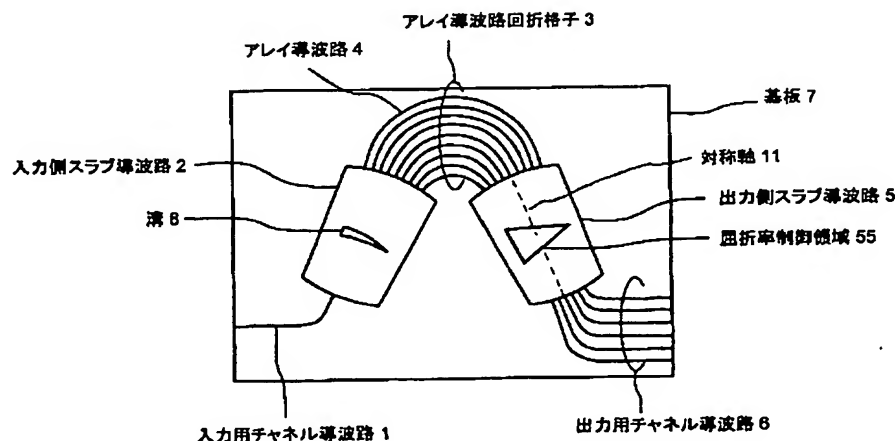
【図6】従来の光波長合分波器の光回路を示す図である。

【図7】従来の光波長合分波器の光回路を示す図である。

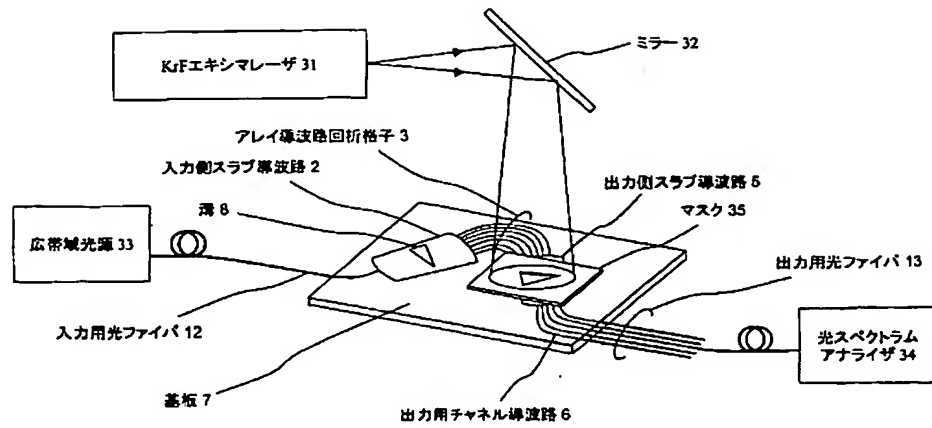
【符号の説明】

- 1 入力用チャネル導波路
- 2 入力側スラブ導波路
- 3 アレイ導波路回折格子
- 4 アレイ導波路
- 5 出力側スラブ導波路
- 6 出力用チャネル導波路
- 7 基板
- 8 溝
- 12 入力用光ファイバ
- 31 KrFエキシマレーザ
- 34 光スペクトラムアナライザ
- 35 マスク
- 55 屈折率制御領域

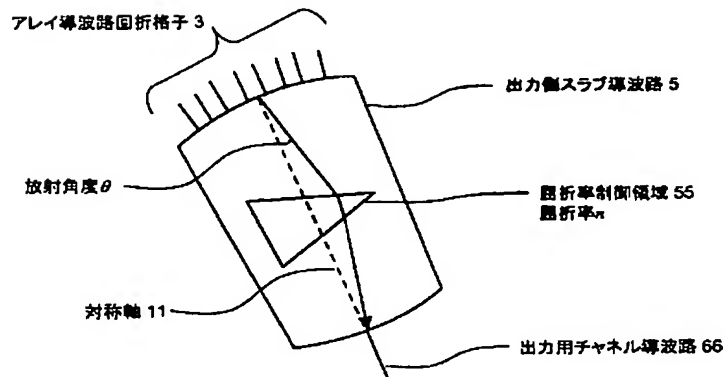
【図1】



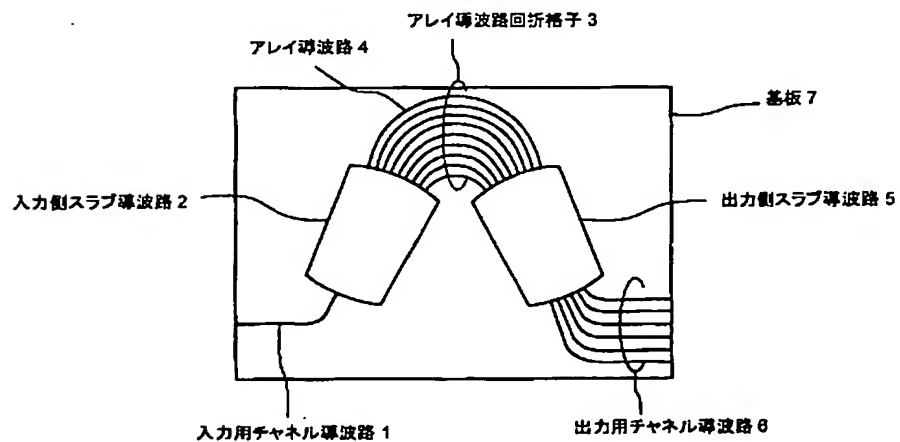
【図2】



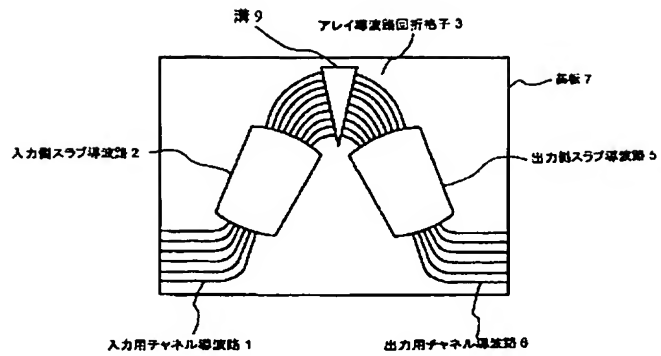
【図3】



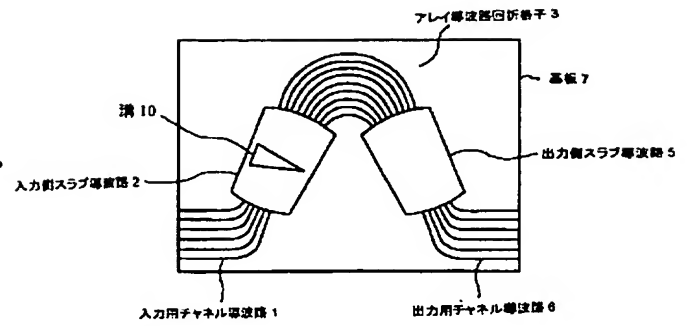
【図4】



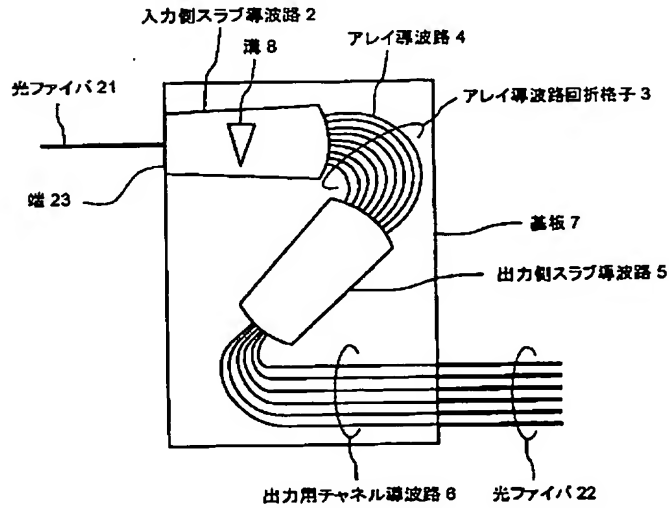
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 上塚 尚登
茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立
電線株式会社オプトロシステム研究所内

Fターム(参考) 2H047 KA03 KA12 LA19 MA05 PA11
RA08 TA31 TA42 TA44